

Paraquat, diuron et atrazine pour renouveler le désherbage chimique au Nord-Cameroun

En 1995, les producteurs de coton camerounais ont traité à l'herbicide près de 60 000 hectares de cotonnier et de céréales, soit 4 à 5 fois plus que dans les années 80. Un herbicide total, vulgarisé depuis 1987, le paraquat, et deux molécules banalisées, le diuron et l'atrazine, recommandées depuis 1992, en traitement de pré-levée du cotonnier et du maïs facilitent l'installation et le démarrage des cultures.



Pendant la saison de culture, les agriculteurs des zones cotonnières consacrent l'essentiel de leur temps à tenter de maîtriser les mauvaises herbes. A l'échelle de l'exploitation, celles-ci représentent les contraintes majeures — certainement la première, en milieu paysan, les années pluvieuses — retardant les travaux agricoles et

limitant l'efficacité des intrants. Les pertes de rendement en coton graine, dues à la concurrence des mauvaises herbes, sont de l'ordre de 20 kilogrammes par hectare par jour de retard par rapport à la date optimale de sarclage généralement située entre le 10^e et le 15^e jour après le semis, en culture attelée en milieu paysan. Après ce stade, les sarclages deviennent plus pénibles et plus longs : le potentiel de régénération de certaines plantes s'accroît considérablement (par bouturage et par repiquage) et les espèces les plus précoces fructifient. Outre ces problèmes de concurrence précoce pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux, les adventices peuvent exercer une concurrence tardive, principalement pour l'eau, gêner les récoltes (plantes grimpantes) ou les polluer (débris, graines). Enfin, elles abritent des parasites des cultures (ravageurs, maladies) ou des ennemis de l'homme et des animaux domestiques (serpents).

Au Nord-Cameroun, les paysans effectuent l'essentiel des entretiens manuellement (sarclage, préparation à la houe) ou mécaniquement (labour, buttage). Mais en général, ils ne parviennent pas à maintenir l'enherbement à des niveaux acceptables sur l'ensemble de leur assolement. Dans ce contexte, le désherbage chimique constitue un appoint procurant deux avantages essentiels :

- une meilleure gestion de la main-d'œuvre (hors et dans l'exploitation) lors d'une période de travail très occupée par les labours, les semis et les premiers sarclages ;
- une limitation de la concurrence précoce des adventices et une plus grande facilité pour les entretiens ultérieurs.

Conjointement à la lutte chimique, la SODECOTON (Société de développement du coton du Cameroun) encourage le sarclage mécanique de l'interligne en culture attelée, en proposant des corps sarcleurs adaptés aux équipements et aux possibilités financières des agriculteurs.

J. MARTIN
CIRAD-CA, IRA-CRA Maroua, BP 33,
Maroua, Cameroun
Nouvelle adresse
CNRA/ISRA, BP 53, Bambey, Sénégal

L. GAUDARD
CFDT, SODECOTON,
BP 302, Garoua, Cameroun



Arrachage manuel sur l'interligne après un sarclage à la charrue asinienne.

Cliché J. Martin

L'essor du désherbage chimique en zone cotonnière

En 1976, le Cameroun est le premier pays cotonnier d'Afrique francophone à introduire les herbicides en culture cotonnière et sur les cultures vivrières : maïs, arachide, sorgho et riz pluvial (tableaux 1 et 2). La SODECOTON a recommandé les herbicides de pré-levée comme mesure d'intensification au sud de la zone cotonnière, région

d'immigration à fort potentiel agricole — pluviométrie supérieure à 1 000 millimètres par an —, sous-peuplée et peu pourvue en animaux de trait. Un pulvérisateur manuel est utilisé pour effectuer des applications à très bas volume (10 à 25 litres de bouillie à l'hectare), réduisant la pénibilité et les contraintes de ravitaillement en eau.

L'Institut de la recherche agronomique du Cameroun testait régulièrement des herbicides destinés à la culture cotonnière, mais manquait de résultats et de références pour les cultures vivrières. Les produits vulgarisés par la SODECOTON étaient des

spécialités commerciales, principalement des associations binaires, proposées à des doses relativement élevées (3 à 4 litres de produit commercial par hectare).

Après un essor rapide, les surfaces traitées avec des herbicides sont restées stables au cours des années 80 : 10 000 à 13 000 hectares de cotonnier traités par an, soit 10 à 15 % des emblavements et 2 000 à 3 000 hectares de maïs intensif, c'est-à-dire 40 à 60 % des surfaces. Quelques centaines d'hectares de riz pluvial, d'arachide, ou de sorgho sont désherbées chimiquement. Partiellement subventionnés les premières années, les herbicides de pré-levée sont devenus trop chers pour les paysans. En 1990, le coût moyen d'un traitement de pré-levée sur cotonnier représentait en effet les deux tiers du coût du programme de protection insecticide, ou encore l'équivalent de 100 kilogrammes d'engrais minéral.

Des innovations importantes en désherbage

Les traitements de pré-levée ne maîtrisant pas les mauvaises herbes sur les labours reverdis, la SODECOTON a introduit, en 1987, le

Tableau 1. Herbicides utilisés en traitements de pré-levée de la culture au Nord-Cameroun.

Herbicide	Mode d'action	Dose de matière active	Intérêt	Stade de traitement
diuron (sur cotonnier)	pénétration par voie racinaire	720 g/ha	bonne efficacité sur les plantes à enracinement superficiel attention aux risques de phytotoxicité	pré-levée des adventices
atrazine (sur maïs)	pénétration par voie racinaire et foliaire	800 g/ha	bonne efficacité sur les plantes à enracinement superficiel sélectif du maïs et du sorgho	pré-levée des adventices
paraquat	contact	200 à 400 g/ha	effet rapide souplesse d'emploi	post-levée des adventices, fractionnement conseillé
glyphosate	herbicide total systémique	1 440 g/ha	intéressant en lutte ciblée contre les vivaces	post-levée des adventices, action lente (2 à 4 semaines)
glufosinate	contact non systémique action moins rapide que celle du paraquat	200 ou 400 g/ha	efficace sur poacées et sur dicotylédones	pré-semis, pré-labour

Tableau 2. Mélanges binaires utilisés en traitement de pré-levée, formulés et commercialisés par plusieurs firmes.

Culture	Matière active ou mélange	Dose de matière active (g/ha)
Cotonnier	fluméturon + prométryne	750 + 750
	dipropétryne + métolachlore	720 + 480
	terbutryne + métolachlore	500 + 1 000
	dipropétryne	750
	métolachlore	1 080
Maïs	atrazine + alachlore	1 000 + 1 000
	atrazine + métolachlore	750 + 750

paraquat, herbicide total de contact, adopté rapidement par les paysans en raison de son efficacité et de sa rapidité d'action pour un coût acceptable. Les travaux de l'IRA ont conduit ensuite à la vulgarisation, par la SODECOTON, à partir de 1992, de deux molécules banalisées, le diuron sur cotonnier et l'atrazine sur maïs, à des doses faibles, à la place des spécialités binaires appliquées auparavant. Le ratio des performances de ces molécules par rapport à leur coût est pratiquement triplé. Le paraquat et les herbicides de pré-levée se révélant très complémentaires, les conditions technico-économiques sont alors réunies pour permettre la relance du désherbage chimique, d'autant que la formation, la logistique et le crédit sont assurés par la SODECOTON.

L'expansion des surfaces traitées aux herbicides

L'année 1992 marque l'inversion de l'évolution des surfaces de cotonnier et de maïs traitées aux herbicides. Les surfaces désherbées chimiquement ont été multipliées par 4 en quatre ans, celles traitées aux herbicides de pré-levée ont été multipliées par 6 pendant la même période (figure 1).

En 1995, le désherbage chimique est pratiqué sur 60 000 hectares environ : 42 000 hectares de cotonnier et 16 000 de maïs, ainsi que 2 000 hectares en sorgho et en arachide. La progression des surfaces traitées par rapport aux surfaces emblavées entre 1991 et 1995 est importante : de 12 à 28 % pour le

cotonnier et de 40 à 90 % pour le maïs intensif. L'application d'atrazine a commencé aussi sur maïs déclaré traditionnel (sans engrais) : 3 700 hectares en deux ans, soit 13 % des surfaces. Les évolutions de l'atrazine sur sorgho et du diuron sur arachide (1 % des surfaces) sont plus modestes mais certainement significatives.

L'emploi du paraquat, du diuron et de l'atrazine

Le paraquat est utilisé seul ou en mélange extemporané avec les herbicides de pré-levée. La progression de l'emploi du paraquat seul est

régulière depuis 1987 sur la culture cotonnière (environ + 40 % par an) et atteint près de 16 000 hectares en 1995, mais on observe une baisse de cet usage sur maïs, avec moins de 500 hectares en 1995. Cette diminution sur maïs est à mettre en rapport avec la spectaculaire augmentation des traitements avec l'atrazine seule, atteignant près de 5 000 hectares en 1995 soit + 250 % par an depuis 1992. Le traitement au diuron seul sur cotonnier progresse plus modérément, + 40 % par an. Les traitements mixtes (paraquat + pré-levée) connaissent, depuis 1992, une croissance remarquable sur cotonnier et maïs, avec respectivement près de 22 000 et 10 000 hectares en 1995, soit + 135 et + 220 % par an.

Géographiquement, l'emploi des herbicides s'est fortement étendu depuis le sud de la zone cotonnière (régions de Touboro et, dans une moindre mesure, Garoua) jusqu'au centre de la zone cotonnière (région de Guider, environ 4 300 hectares traités dont plus de 900 sur les cultures vivrières) et jusqu'au nord de la zone cotonnière (plus de 2 600 hectares traités en 1995 dont près de 500 sur les cultures vivrières).

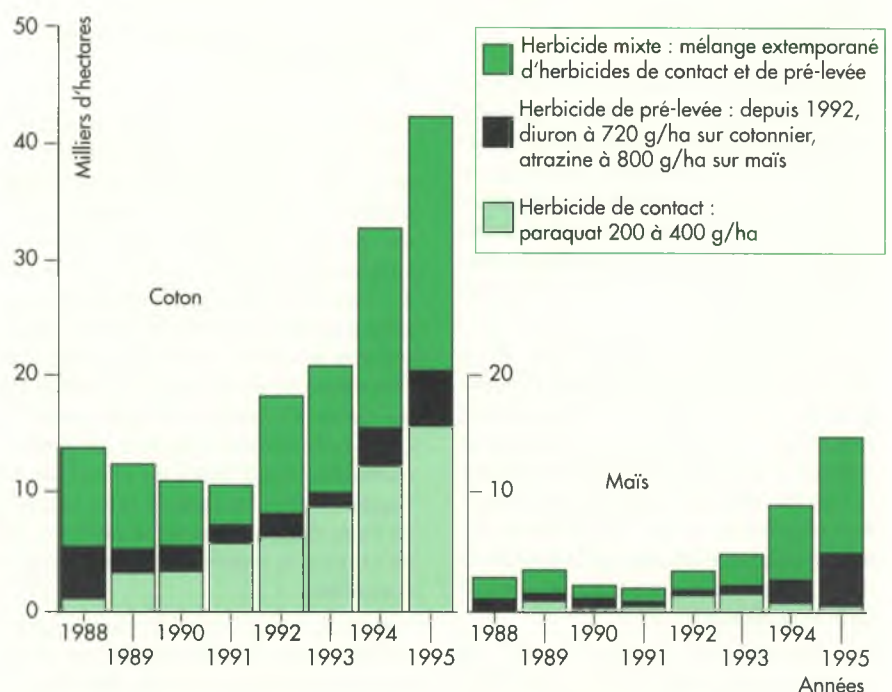


Figure 1. Surfaces de cotonnier et de maïs traitées aux herbicides au Nord-Cameroun (sources : SODECOTON).

Le paraquat : mode d'action et toxicité

Le mode d'action

Le paraquat est un herbicide non sélectif appartenant à la famille très restreinte des bipyridyles (ou ammoniums quaternaires), agissant sur les feuilles et les tiges chlorophylliennes par contact. Il bloque rapidement la phase lumineuse de la photosynthèse dans les chloroplastes. A une goutte de solution herbicide correspond une tache « brûlée ». Le paraquat est très soluble dans l'eau et pénètre très rapidement à travers les cuticules foliaires, d'autant plus que la température et l'hygrométrie sont élevées. Les risques de lessivage par les pluies sont donc minimes une heure après le traitement. En revanche, une légère rosée favorise la pénétration et peut contribuer à mieux répartir la bouillie sur une couverture dense. Le paraquat n'est pas systémique mais, en l'absence de lumière ou sous faible éclaircissement, il diffuse à courte distance à l'intérieur de la feuille. Par ciel dégagé, il est préférable d'attendre le soir pour traiter. Ainsi, un traitement effectué par temps nuageux ou en soirée est plus efficace, en particulier sur une couverture herbacée bien développée.

L'effet rapide, spectaculaire et la souplesse d'emploi de ce produit constituent des avantages indéniables.

Toxicité du paraquat et réglementation

Le paraquat est toxique pour l'homme et les animaux. Il est toxique par ingestion et potentiellement par inhalation et par contact. La DL 50 orale (mesure de toxicité) du paraquat fait officiellement figurer le paraquat dans la classe II des produits moyennement dangereux selon la classification de l'Organisation mondiale de la santé.

Le code de bonne conduite de la FAO a introduit la règle *Prior Informed Consent* (PIC), ou « information et consentement préalable » dans les échanges internationaux : les pesticides inscrits sur la liste PIC (dont le paraquat) ne peuvent être exportés sans que l'importateur ne soit au préalable informé de la toxicité et de la situation réglementaire dans le pays exportateur.

Au Cameroun, comme dans de nombreux pays du Nord ou du Sud, l'importation de paraquat est soumise à la présence dans la formulation d'une

substance répulsive odorante et d'un agent vomitif. La formulation importée jusqu'à présent par la SODECOTON (gramoxone, 200 grammes par litre de matière active) contient en outre un agent anti-moussant et un colorant bleu. De plus, les bidons doivent respecter des normes de solidité et leur étiquette doit porter la mention « poison » accompagnée du pictogramme FAO à tête de mort. Ces messages, très diversement interprétés par les paysans des zones de savane, sont insuffisants pour attirer l'attention sur les dangers du produit (TOURNEUX, 1994). Il est donc indispensable de s'assurer à l'importation et de vérifier à la livraison que toute formulation de paraquat contient bien les répulsifs adéquats.

Or, depuis son passage dans le domaine public il y a plus de 10 ans (la durée de protection par le brevet est de 20 ans), il existe sur le marché international une offre, à bas prix et le plus souvent illégale, de paraquat dont la formulation ne respecte pas les normes de sécurité. La libéralisation de la fourniture des produits agro-chimiques, non accompagnée de mesures de contrôle et de qualité, représente pour l'Afrique un réel danger de mise en circulation de produits toxiques ayant une présentation anodine, sans avertissement.

L'intoxication par voie dermique et par inhalation

Toute formulation de paraquat concentré à 20 % est corrosive pour la peau, les muqueuses et les yeux. Toute partie du corps en contact avec du paraquat concentré doit être soigneusement et rapidement rincée à l'eau pour éviter des lésions. La préparation de la bouillie herbicide est souvent effectuée en bord de champ, et l'on risque de se renverser du produit sur les mains. Comme la dernière étape de cette préparation consiste toujours à compléter les 5 litres du réservoir de l'appareil avec de l'eau, il reste toujours de l'eau disponible pour se laver en cas de contact accidentel avec le paraquat concentré.

Les bouillies à 1 ou 2 % de paraquat utilisées au Nord-Cameroun sont donc susceptibles de provoquer des lésions cutanées seulement en cas d'exposition prolongée. Les paysans, plus souvent

chaussés de sandalettes avec un pantalon retroussé jusqu'aux genoux que de bottes, sont directement exposés aux bouillies herbicides. Lors des traitements de pré-labour, l'opérateur marche sur des herbes d'au moins 15 centimètres de haut, en partie mouillées par la bouillie herbicide. Il est très rare que des agriculteurs traitent plus de quatre heures par jour (soit un hectare) et le nombre de journées de traitements dans l'année est faible. Les durées d'exposition sont relativement courtes et espacées, provoquant seulement des irritations passagères.

Les risques d'inhalation de vapeurs de paraquat *sensu stricto* sont nuls, car le produit n'est pas volatil ; la forte odeur dégagée par la formulation ou la bouillie est due au répulsif et n'est pas dangereuse pour la santé. Cependant, les gouttelettes de bouillie herbicide les plus fines peuvent être inhalées.

Toxicologie et environnement

Les études toxicologiques sur le paraquat sont très nombreuses car il est dangereux pour le gibier et le poisson. Néanmoins, l'absorption ou l'adsorption sur la plante rendant rapidement le produit inactif, les risques d'intoxication sont faibles. Ce produit est d'ailleurs homologué pour la dessiccation des cultures fourragères à ensiler ou à faner. Le paraquat est inactivé au contact du sol, car il est fortement fixé sur les colloïdes du complexe argilo-humique et leur désorption est pratiquement impossible ; cette inactivation rend le paraquat inoffensif à l'égard de la faune du sol et absent des eaux de drainage ou de ruissellement.

Les seuls risques pour la faune ou la flore aquatiques proviennent de pollutions directes, lors des nettoyages après traitement dans les mares ou les marigots ; il est donc recommandé de puiser de l'eau dans un récipient et de jeter à terre les eaux usées. En début de campagne agricole, les marigots sont alimentés par les eaux de ruissellement très chargées en particules argileuses et en débris végétaux ; la concentration de l'eau en molécules de paraquat diminue assez vite, car elles sont adsorbées sur les particules en suspension qui sédimentent ensuite, ou bien absorbées par les plantes aquatiques.

L'augmentation des surfaces en cotonnier est un effet général de la dévaluation du franc CFA concernant l'ensemble des pays producteurs de coton de la zone franc (FAURE et DOUNIAS, 1996). Cette évolution a poussé les paysans camerounais à recourir davantage aux herbicides sur cotonnier et sur cultures vivrières (DUGUE et DOUNIAS, 1995).

Traitement avec le paraquat

Les traitements au paraquat ont été introduits en 1987, le gramoxone étant alors la seule formulation (200 grammes par litre) répondant aux normes de sécurité FAO-OMS (Food and Agricultural Organisation-Organisation mondiale de la santé). Cette situation de monopole a pris fin récemment.

Le paraquat est un herbicide de contact non sélectif, très utilisé par les agriculteurs du Nord-Cameroun pour l'installation des cultures pluviales, afin de renforcer l'action des herbicides de pré-levée dans le cas des labours reverdis. Il est d'autant plus utile que la saison des pluies est précoce et que les semis sont étalés et tardifs.

Les conditions d'utilisation se sont rapidement diversifiées à la suite de l'expérience acquise par les agriculteurs et le personnel d'encadrement de la SODECOTON :

- traitement à dose double, voire triple, par rapport à la dose initiale de 200 grammes par hectare, dans le cas de végétation importante ;

- traitement au paraquat seul, sans mélange avec un herbicide de pré-levée ;

- traitement de pré-labour, pour obtenir un champ plus propre et un effet plus durable qu'avec un traitement de post-labour. Le traitement de pré-labour est parfois anticipé de plusieurs jours pour réduire la dose d'herbicide.

Enfin et surtout, le paraquat a permis l'émergence et le développement

d'une nouvelle technique de mise en place des cultures : le semis direct sans labour sur mulch d'adventices. Dans ce cas, il est souvent utilisé en mélange extemporané avec l'herbicide de pré-levée qui renforce son action et assure un effet nettoyant plus durable. Avec 15 000 hectares de cotonnier en 1995, le semis direct sur mulch d'adventices est devenu incontournable dans le sud de la zone cotonnière.

Limites des risques d'utilisation

S'il est relativement peu dangereux dans son utilisation normale, le paraquat est très dangereux lorsqu'il est avalé accidentellement (WHO, 1994). Sous les climats chauds, le plus grand risque n'est pas celui de l'ingestion de pesticide, mais celui de l'intoxication par voie dermique et par inhalation : les utilisateurs en sont moins conscients et ils n'ont pas de vêtements et d'accessoires de protection — lunettes, masques, bottes, gants — difficiles à se procurer et à supporter en conditions tropicales.

Risques d'intoxication par voie orale

Les valeurs toxicologiques de référence ne représentent qu'un point de départ pour l'évaluation des risques liés d'abord à la manipulation des formulations commerciales (transvasement et dosage) puis à la pulvérisation des bouillies, la toxicité d'une



Excellente efficacité des herbicides 20 jours après le traitement dans un champ de cotonnier. Au centre, les deux lignes non traitées montrent une flore encore dominée par les poacées.

Cliché J. Martin

Efficacité insuffisante 30 jours après le traitement en présence de *C. benghalensis*. Le sarclage en relais du traitement herbicide est tardif. En l'absence d'herbicide, les cotonniers auraient pratiquement disparu sous *C. benghalensis*.

Cliché J. Martin



molécule variant selon sa concentration. Le paraquat concentré à 20 % (formulation commerciale) est classé très dangereux pour le chien (BCPC, 1987) et pour l'homme : quelques gouttes avalées peuvent être fatales pour des petits enfants (SEVERIN et TISSUT, 1991 ; PAN et CTA, 1993).

Cependant, les risques d'ingestion accidentelle, par confusion avec une boisson par exemple, sont très faibles à cause du puissant effet répulsif des formulations conformes aux normes de sécurité FAO-OMS.

Dilution adéquate

Dilué à 2 % (400 grammes par hectare), il est moyennement dangereux et dilué à 1 % (200 grammes par hectare), il est peu dangereux. La bouillie de paraquat à 1 % appartient à la même classe de risque que celles des produits classés non dangereux tels que le glyphosate et le diuron. Les utilisateurs doivent donc veiller à ne pas laisser les bidons contenant du paraquat (concentré ou dilué) à la portée des enfants en particulier.

Enfin, les critères de toxicité à long terme, importants à considérer pour des ouvriers agricoles en plantations industrielles, sont à relativiser dans les conditions du Nord-Cameroun, où un paysan effectue trois à quatre demi-journées de traitements herbicides dans l'année, tout au plus 10. Dans ces conditions, les propriétés du paraquat ont relativement peu d'incidence.

Techniques d'application

Dans le cas des traitements manuels à très bas volume (TBV), les concentrations des bouillies sont élevées et la dérive du nuage pulvérisé par la rotation du disque peut être importante. Les risques dépendent de la technique de pulvérisation et de ses contraintes. Pour l'application des herbicides, au Nord-Cameroun et dans les autres pays francophones d'Afrique, on utilise le pulvérisateur Handy(R). La bouillie herbicide arrive par gravité sur un disque rotatif animé par un moteur

électrique à piles. La pulvérisation est effectuée en un nuage bas et circulaire d'environ un mètre de diamètre. L'utilisateur traite un interligne par passage, en pulvérisant derrière lui, le débit étant de l'ordre de 20 litres de bouillie par hectare. Dans ces conditions, les dérives latérales et en hauteur sont faibles.

Diminuer la concentration des bouillies

Les mesures proposées, pour améliorer la sécurité, reposent sur la réduction des doses et du temps d'exposition. Il n'est guère envisageable de réduire la concentration des bouillies en augmentant le litrage : la contrainte du ravitaillement en eau en bord de champ serait accentuée et les utilisateurs sont habitués à la commodité de traiter les parcelles d'un quart d'hectare en une seule fois en remplissant le bidon avec 5 litres de bouillie. En revanche, il est possible de diminuer les doses tout en préservant ou en augmentant l'efficacité herbicide, en traitant en conditions météorologiques optimales ou en dédoublant les traitements.

Fractionnement et conditions optimales de traitement

Fractionnement des doses

Les doses de paraquat utilisées au Nord-Cameroun, 200 à 400 grammes par hectare, sont en-soi faibles par rapport à celles couramment pratiquées dans le monde — 600 à 800 grammes par hectare. La dose dite forte (400 grammes par hectare) peut être conseillée lorsque le tapis herbacé est dense ou que les touffes partiellement enfouies par le labour sont développées. La dose dite faible (200 grammes par hectare) est recommandée pour éviter de traiter avec des concentrations supérieures à 1 %.

Pour obtenir la même efficacité, le traitement est réalisé en conditions optimales et, éventuellement, la dose forte est fractionnée en deux traitements plus efficaces qu'un traitement unique à 400 grammes par hectare. En effet, le second traitement atteint les parties basses des mauvaises herbes, plus accessibles à la suite du premier traitement. En outre, il permet de rattraper les bandes oubliées lors du premier passage.

Les conditions optimales d'application

Une application effectuée en plein soleil provoque en quelques heures le flétrissement et la dessiccation totale de jeunes plantes annuelles. En revanche, sur une couverture végétale dense composée de plantes annuelles développées ou de vivaces, l'effet est partiel et passager car les repousses peuvent démarrer à partir des parties basses non touchées ou des réserves souterraines.

L'efficacité du traitement, même à dose forte, est limitée par la rapidité d'action du paraquat à la lumière. Un traitement effectué le soir ou par temps nuageux a un effet plus lent mais plus important : la pénétration est améliorée grâce à la cuticule plus perméable en raison de la meilleure hygrométrie ; la diffusion du produit est favorisée par le faible éclaircissement. Le retour de la lumière provoque ensuite la destruction des cellules.

L'apport de produits « mouillants »

L'apport en extemporané d'adjuvants est envisageable dans certains cas (GAUVRETT, 1995). Appliqué à la dose de 400 grammes par hectare et en très bas volume (TBV), le paraquat a une efficacité insuffisante sur des infestations de *Tridax procumbens*, aux feuilles très pileuses. Un ajout de produits tensio-actifs à effet mouillant favorise un plus grand étalement du film herbicide à la surface des feuilles et sa progression entre les poils jusqu'à la cuticule.



Labour en culture attelée.



Sarclage en traction asinienne.



Labour en motorisation légère,
enfouissement d'*Imperata cylindrica*.



Buttage en traction bovine.

Couvert de graminées grillé au paraquat.



Sarclage à la houe.



Clichés J. Martin



Labour en traction bovine après traitement au paraquat.

Cliché P. Marnotte

Conséquences du fractionnement des traitements

Le dédoublement des traitements augmente la consommation en piles et la mobilisation des appareils de traitement mis à la disposition des agriculteurs par la SODECOTON. Il représente également un surcroît de travail à un moment où le calendrier agricole est très chargé. Cependant, avec un parc d'appareils suffisant, le temps supplémentaire requis est faible, une heure pour traiter une parcelle standard d'un quart d'hectare, et le délai pour intervenir est important. Le traitement de pré-levée est réalisable pendant au moins 4 jours après le semis, souvent davantage. Cette mesure paraît donc assez facilement applicable, d'autant que de nombreux agriculteurs traitent déjà selon un programme comprenant un traitement de pré-labour et un traitement de post-semis ; parfois même, le traitement de pré-labour est anticipé de plusieurs jours pour réduire la quantité d'herbicide, gagner en efficacité et obtenir un labour plus propre.

Recommandations à la préparation des bouillies

Pour réduire l'exposition des utilisateurs au paraquat concentré, il est préférable de préparer les bouillies

au magasin : les accessoires de sécurité sont disponibles (gants, lunettes, etc.) ; en cas d'accident ou d'éclaboussure, l'eau est disponible. Un dépôt risque de se former dans un mélange réalisé à l'avance et se résorbe en secouant le bidon au cours du transport et des traitements. Les bidons vides sont en principe brûlés ou enterrés après usage mais en pratique, ils sont souvent récupérés et parfois commercialisés ; il faut donc au moins conseiller le triple rinçage, recommandé au Nord-Cameroun.



Traitement de post-semis sur labour avec l'appareil Handy (R).
Application d'un herbicide de pré-levée et de paraquat.

Cliché J. Martin

Intérêt d'autres herbicides totaux

Le glufosinate

En traitement de post-semis, comme herbicide de contact, le glufosinate peut remplacer le paraquat. Il se révèle, 15 jours après le traitement, aussi efficace sur poacées et plus efficace sur dicotylédones que le paraquat à la même dose (LE BOURGEOIS *et al.*, 1992). Cependant, son action moins rapide suppose des conditions différentes de mise en œuvre, en particulier en traitement de pré-labour car il faut admettre un délai d'action de l'herbicide d'une semaine à 15 jours. Il mérite d'être classé parmi les produits moyennement dangereux, même s'il reste 4 à 8 fois moins toxique par ingestion que le paraquat. Le frein principal à sa vulgarisation reste son prix élevé.

Le glyphosate

Les herbicides totaux systémiques, tels que le glyphosate, ont un effet de choc pratiquement nul.

Les conditions d'application du glyphosate sont différentes de celles des herbicides de contact :

plus contraignantes, elles nécessitent une nouvelle approche du désherbage, prévoyant un calendrier cultural particulier, notamment des délais à respecter.

Cet herbicide est intéressant en lutte ciblée contre les plantes vivaces. De plus, son prix baisse régulièrement depuis l'expiration en 1991 de sa protection par le brevet (FEUILLETTE *et al.*, 1994 ; MARNOTTE, 1994). En 1995, la vulgarisation du glyphosate a commencé en zone cotonnière du Nord-Cameroun avec une application conseillée contre *Imperata cylindrica* à 1 440 grammes par hectare.

Conclusion

A ce jour, il n'existe pas de produit de remplacement du paraquat, économiquement intéressant, non toxique et adapté au désherbage de pré-levée en zone cotonnière du Nord-Cameroun.

Le diuron et l'atrazine

En 1989, l'IRA et le CIRAD, avec le concours de plusieurs firmes phytosanitaires, relancent les tests d'herbicides utilisables en cultures cotonnières et vivrières et ceux d'herbicides totaux non sélectifs. En 1990 et 1991, des essais multi-locaux montrent l'efficacité de deux molécules banalisées, le diuron sur cotonnier et l'atrazine sur maïs, appliquées à des doses relativement faibles, en comparaison des mélanges binaires proposés par les firmes. Ces résultats permettent de définir les doses, le spectre d'action, les risques de phytotoxicité et d'effet sur les cultures suivantes et les conditions adaptées en milieu paysan. Le test est effectué sur des parcelles divisées : traitées, non traitées. A la suite de ces tests, la SODECOTON vulgarise en 1992 le traitement au diuron à la dose de 720 grammes par hectare et l'atrazine à la dose de 800 grammes par hectare.

Caractéristiques générales

Ces deux molécules ont de nombreux points communs. Découvertes dans les années 50 et développées dans les années 60, elles font partie des premiers herbicides sélectifs de pré-levée à action persistante. L'atrazine, sélective du maïs, a favorisé l'essor de cette culture dans le monde. Le diuron a été utilisé pour le début du désherbage des plantations des pays tropicaux, ainsi que celui de la culture cotonnière, en particulier aux Etats-Unis.

Leur stabilité chimique est assez forte et leur persistance est de quelques semaines à quelques mois dans la couche superficielle du sol. Globalement, elles ont le même comportement herbicide, notamment une bonne efficacité sur les plantes à enracinement superficiel en détruisant dès le stade cotylédonaire les mauvaises herbes à petites graines germant près de surface du sol.

Ces molécules sont dégradées au cours de processus physico-chimiques et microbiologiques, en fonction de l'activité biologique des

sols et de l'affinité des différents types de micro-organismes (SEVERIN et TISSUT, 1991). Le diuron appartient à la famille des urées substituées et l'atrazine à la famille des chlorotriazines. Comme la plupart des herbicides utilisés en traitement de pré-levée, le diuron et l'atrazine présentent une faible toxicité pour l'homme et les animaux à sang chaud.

Ces deux molécules sont largement utilisées dans le monde dans les programmes de lutte intégrée, seules ou en mélange ou en alternance avec d'autres matières actives.

Le désherbage avec l'atrazine

L'atrazine est absorbée par voie racinaire et foliaire et son spectre d'action est large en traitement de pré-levée (à moins de 1 000 grammes par hectare), en particulier sur poacées, cypéracées annuelles, commelinacées (MARTIN et GERARDEAUX, 1994). Elle est utilisable en traitement de post-levée des adventices, avec une bonne efficacité contre les latifoliées (souvent dominantes après le travail du sol), mais avec une efficacité insuffisante contre les poacées annuelles, abondantes sur des parcelles jeunes ou en semis direct sans labour.

Traitement adapté sur maïs et sur sorgho

Le maïs et le sorgho détoxifient très efficacement l'atrazine par métabolisation (GAILLARDON, 1991). L'atrazine peut donc être utilisée en post-levée de ces deux céréales, sans précaution particulière.

L'atrazine ne présente pas d'arrière-effet phytotoxique sur les cultures suivantes (cotonnier ou légumineuses). Ces risques sont incomplètement évalués sur les cultures dérobées (niébé, plantes de couverture), bien qu'ils semblent faibles si la culture dérobée est semée 45 jours après le traitement de pré-levée.



Remarquable efficacité de l'atrazine sur maïs.

Cliché J. Martin

La vulgarisation de l'atrazine en traitement de pré-levée sur sorgho a commencé en 1992 et cette technique est bien adoptée. Les cultures améliorées de sorgho rouge (*Sorghum caudatum* « Djigari »), semées sans labour dès les premières pluies, s'enherbent rapidement : les poacées sont généralement abondantes ou dominantes. Le traitement de pré-levée permet un bon démarrage de la culture et remplace le premier sarclage, très long à effectuer.

Les cultures de sorgho couvrant environ 400 000 hectares au Nord-Cameroun, dont 40 000 en variétés améliorées, elles représentent un intérêt considérable sur le plan du désherbage.

Efficacité de l'atrazine contre *Commelina benghalensis*

L'intérêt majeur de l'atrazine réside dans son efficacité contre *C. benghalensis* (MARTIN et GERARDEAUX, 1994). Après quelques années de culture, cette mauvaise herbe devient dominante, difficile à maîtriser à cause des repousses et très concurrentielle des cultures, en particulier dans la partie sud de la zone cotonnière, plus arrosée. Elle germe massivement après tout travail superficiel du sol et affecte très tôt les surfaces en cotonnier et en maïs, semées après un labour rapide en traction animale (peu recouvrant, peu nettoyant). Sur sol sableux à faible capacité d'échange — situation très fréquente dans les zones cotonnières du Cameroun et d'Afrique de l'Ouest —, un traitement de post-semis pré-levée du maïs avec une faible dose d'atrazine (800 grammes par hectare) maintient en général la culture propre pendant plus d'un mois. Le buttage permet ensuite d'enfouir rapidement et efficacement les jeunes adventices présentes — ainsi que le second apport d'urée, lorsqu'il est prévu dans le cas des cultures intensives.

L'excellente efficacité de l'atrazine sur *C. benghalensis* est indéniablement à l'origine de l'essor du désher-

bage chimique du maïs, presque toujours semé sur labour. D'ailleurs, la persistance de l'efficacité de l'atrazine se prolonge parfois jusqu'à la récolte dans les situations d'essai, où le désherbage est plus soigné — labour plus propre, pulvérisations plus régulières. D'après les paysans et les agents de terrain, à la suite d'un maïs traité à l'atrazine, il semble que l'enherbement soit moins important en culture cotonnière, surtout lorsque la parcelle est infestée par *C. benghalensis*.

L'emploi du diuron en culture cotonnière

En culture cotonnière, la persistance d'action du diuron, à la dose de 700 à 800 grammes par hectare, est équivalente à celle des herbicides de pré-levée déjà vulgarisés. Mais elle est deux fois plus faible que celle de l'atrazine, à la dose de 800 à 1 000 grammes par hectare, en traitement de pré-levée.

Limitier la concurrence à l'égard des cotonniers

Lorsque le travail du sol est superficiel, les mauvaises herbes lèvent rapidement et régulièrement — avant ou en même temps que les cotonniers — surtout si une pluie survient entre la préparation du sol et le semis. Les labours en traction animale, généralement rapides et peu profonds, conduisent à des enherbements rapides (LE BOURGEOIS et MARNOTTE, 1994). Lorsque les parcelles sont infestées de *C. benghalensis*, les plantules de cotonniers sont concurrencées en quelques jours. Un traitement de pré-levée retarde les levées de *C. benghalensis* de 15 à 20 jours et favorise le démarrage de la culture. Ensuite, l'avantage de croissance des cotonniers est vite annulé, car la densité du peuplement et la vitesse de croissance de *C. benghalensis* sont souvent nettement supérieures à celles de la culture. Un sarclage est donc recommandé avant le 30^e jour, si possible dès le stade 3 ou 4 feuilles de *C. benghalensis*,



pour limiter le redémarrage par le bouturage naturel. Une deuxième levée de *C. benghalensis* devra être limitée par un buttage précoce.

Malgré une persistance d'action assez faible, l'essor de l'emploi du diuron en culture cotonnière est important, ainsi qu'en culture arachidière, avec un début d'utilisation sur près de 600 hectares.

La sélectivité du diuron à l'égard du cotonnier

Les risques de phytotoxicité du diuron sur cotonnier existent car cet herbicide a une sélectivité de position. On observe fréquemment des symptômes de phytotoxicité, limités aux cotylédons (taches ou plages blanches), atteignant parfois la première ou la deuxième vraie feuille (espaces internervaires plus ou moins décolorés), sans préjudice majeur pour le développement ultérieur. La concentration en herbicide doit être nulle, ou très faible, dans la zone de croissance des premières racines, à environ 5 centimètres de la surface.

Une phytotoxicité sévère peut se manifester dans plusieurs cas :

- sur des sols très appauvris et érodés où la migration de l'herbicide est rapide et la croissance racinaire faible ;

- sur des semis peu profonds ou en poquets non refermés ;

- après des précipitations abondantes par migration rapide de l'herbicide ;



Après sarclage,
les mauvaises herbes sont entassées
pour éviter les repousses dans un champ
de cultures associées.
Cliché

– à cause de surdosages accidentels ou de doublement du traitement. La réussite du désherbage dépend de la régularité des semis, en poquets fermés, et du respect des doses.

C'est ainsi que les cultures d'arachide et de niébé, qui bénéficient de semis plus soignés que le cotonnier, (une graine par poquet bien refermé), peuvent être traitées avec le diuron. Cependant, dans le cas des sols les plus pauvres ou érodés, il est recommandé de réduire les doses de diuron de 25 à 50 %, voire de supprimer le traitement herbicide qui devient dangereux et peu efficace.

Complémentarité du diuron ou de l'atrazine avec le paraquat pour lutter contre les vivaces

Au Nord-Cameroun, comme dans la plupart des zones cotonnières, on observe des infestations importantes de certaines espèces vivaces, contre lesquelles le diuron et l'atrazine sont jugés inefficaces : cypéracées à tubercules (*Cyperus rotundus* et *C. esculentus*), poacée à rhizome (*Imperata cylindrica*). De plus, l'action du paraquat est passagère et partielle sur les vivaces ainsi que sur les annuelles très développées.

Néanmoins, lorsque ces mauvaises herbes ne recouvrent pas le sol, les traitements mixtes diuron + paraquat sur cotonnier, ou atrazine + paraquat sur maïs ont une efficacité synergique intéressante et on observe que l'effet du paraquat est accru.

D'après certains cultivateurs, une application de diuron faciliterait le sarclage des parcelles infestées en *I. cylindrica*. L'absorption progressive de petites quantités d'herbicide, en freinant la croissance de la plante, affaiblirait son enracinement. A l'effet de choc du paraquat, s'ajoute celui de l'inhibiteur de la photosynthèse à pénétration racinaire, faible mais prolongé, surtout lorsque l'enracinement des herbes est majoritairement superficiel, cas fréquent des touffes d'herbes remaniées par les labours sans enfouissement.

Programmes de traitement contre *Rottboellia cochinchinensis*

Le diuron et l'atrazine sont inefficaces contre *R. cochinchinensis*. Les solutions actuellement proposées sont les applications de pendiméthaline associée au diuron ou bien des antigraminées systémiques.

Résistance et vigueur de *R. cochinchinensis*

Cette poacée annuelle, très vigoureuse, à grosses graines, à croissance

initiale rapide, peut concurrencer les cultures, surtout en sols riches et bien arrosés. Sa graine peut germer très profondément, ce qui lui confère une bonne résistance aux traitements herbicides.

Sensibilité variable à la pendiméthaline

R. cochinchinensis est sensible à la pendiméthaline à la dose de 1 000 grammes par hectare en traitement de pré-levée (LE BOURGEOIS *et al.*, 1992). Cependant, les résultats expérimentaux — depuis 1992 — ont montré une importante variabilité de l'efficacité de la pendiméthaline contre *R. cochinchinensis*. Elle est attribuable aux conditions météorologiques lors des traitements (influant sur les pertes par volatilisation et par photodégradation), à la porosité du sol (influant sur la répartition des vapeurs dans le sol) et à la profondeur d'enfouissement des grains ayant la capacité de germer dans les huit premiers centimètres du sol (LE BOURGEOIS et MERLIER, 1995).

En 1995, la pendiméthaline, à la dose de 1 000 grammes par hectare, couplée au diuron, à la dose de 720 grammes par hectare, a été recommandée sur cotonnier pour lutter contre *R. cochinchinensis*.

Malgré de bons résultats, son prix assez élevé limite son emploi. En outre, bien que peu dangereux, ce produit est mal perçu à cause de son



Cotonniers envahis par *Cyperus rotundus*.
Cliché P. Menozzi

fort pouvoir colorant, sa couleur jaune est tenace sur les vêtements et sur la peau. D'autres solutions chimiques existent, comme l'application, en post-levée du cotonnier, de graminicides systémiques à action lente, très sélectifs des dicotylédones, mais encore trop coûteux.

Nouvelles possibilités de désherbage chimique

La SODECOTON a vulgarisé à partir de 1992 le diuron à 720 grammes par hectare et l'atrazine à 800 grammes par hectare, en remplacement des spécialités binaires utilisées en traitement de pré-levée. Outre la conjoncture favorable à l'accroissement des surfaces en cotonnier, les raisons de l'essor actuel du désherbage chimique sont techniques, économiques et liées à l'organisation.

Des traitements de pré-levée rentables

Le recours au diuron et à l'atrazine a permis de diviser par 3 le coût moyen d'un traitement de pré-levée

(tableau 3). Cette baisse a trois composantes : prix, doses et formulations.

Depuis la fin de validité de leur brevet, ces molécules sont « banalisées » — ou appelées herbicides génériques —, largement utilisées dans le monde, produites et commercialisées par de nombreuses firmes concurrentes. En revanche, les spécialités binaires vulgarisées précédemment contiennent des matières actives plus chères ou moins répandues.

Les doses de matière active actuellement vulgarisées sont environ deux fois moindres à cause de l'abandon des formulations binaires. Les associations d'herbicides recommandées antérieurement sur le maïs comprenaient toutes de l'atrazine à des doses similaires. La réduction de la dose d'herbicide est surtout imputable à l'absence de la deuxième matière active, appartenant au groupe des chloro-acétamides (métolachlore ou alachlore).

Sur cotonnier, le diuron n'entrait pas dans la composition des spécialités précédemment vulgarisées.

La forte concentration en matière active des poudres mouillables réduit le coût du transport. Ces formulations se conservent très bien d'une année sur l'autre, ce qui minimise les pertes.



Adaptation des formulations et des conditionnements

La préparation de la bouillie herbicide à partir de poudres mouillables (WP) de diuron et d'atrazine est d'un usage pratique, notamment avec la présentation en sachet-dose pour un quart d'hectare. Ces conditionnements sont moins coûteux que les bidons nécessaires aux formulations suspensions concentrées (SC). Les formulations en poudre se conservent très bien d'une année à l'autre, alors que les suspensions concentrées sédimentent souvent dans le bidon de façon plus ou moins irréversible.

Tableau 3. Evolution des prix de cession aux paysans, ou aux groupements de paysans, des herbicides vulgarisés, ou en début de vulgarisation, par la SODECOTON au Nord-Cameroun (source : SODECOTON, direction de la production agricole).

Culture	Traitement herbicide	Dose en g/ha de matière active	1991	1992	1993	1994	1995
Prix des traitements de pré-levée FCFA/ha							
Cotonnier	binaire 400 SC ⁽¹⁾	1 200	10 000	4 000			
Cotonnier	diuron 800 WP ⁽¹⁾	720		4 000	4 000	5 200	5 600
Maïs	binaire 400 SC	1 600	10 000	6 000			
Maïs	atrazine 500 WP	800		6 000	4 000	5 200	5 600
Cotonnier	pendiméthaline 500 SC	1 000				16 000	
Cotonnier	chlortoluron 500 SC	1 000					5 600
Prix des traitements herbicides totaux FCFA/l							
	paraquat 200 SL	200-600	2 000	2 000	2 100	3 000	3 700
	glyphosate 360 SL	1 080				5 000	4 500

(1) : SC : solution concentrée ; WP : poudre mouillable.



Rang de cotonnier dans un couvert de *Rottboellia cochinchinensis*.

Il reste un travail important pour désherber sur la ligne.

Cliché J. Martin

L'organisation adéquate

La vulgarisation d'un produit suppose des actions de formation et de suivi, ainsi qu'une gestion adaptée des approvisionnements et du crédit. Plusieurs centaines de parcelles de démonstration sont implantées chaque année, depuis 1992, sur cotonnier et sur cultures vivrières dans l'ensemble de la zone cotonnière. Les fiches techniques destinées aux vulgarisateurs sont actualisées. Les chercheurs de l'IRA animent des sessions destinées aux formateurs de la SODECOTON. Le suivi est assuré par le personnel de la SODECOTON, expérimenté, très présent sur le terrain pendant l'installation des cultures. Dans le coût de cession des herbicides sont inclus la consommation des piles et l'amortissement des appareils, appartenant à la SODECOTON. Les herbicides des cultures cotonnières et vivrières sont fournis à crédit et payés lors de la vente du coton. Les crédits « intrants » sont octroyés aux agriculteurs organisés en groupes de caution solidaire, d'une dizaine d'individus, garantissant le remboursement. L'approvisionnement des magasins de villages en herbicides, en piles électriques, en appareils et accessoires est effectué en intercampagne.

L'impact économique du désherbage

Le bilan est évalué entre les variations de produits et de charges liés à l'utilisation des herbicides : les économies de main-d'œuvre de sarclage, le gain de production, le coût des traitements, le surcoût de main-d'œuvre pour le gain de récolte.

Un programme optimal d'entretien comprend deux sarclages et un buttage avant que l'enherbement n'atteigne le seuil de nuisibilité économique, par exemple aux 14^e, 28^e et 42^e jours après semis (GABOREL, 1989). En pratique, les travaux

d'entretien sont toujours réalisés avec retard par rapport aux dates optimales d'intervention (DUGUE et DOUNIAS, 1995), ce qui augmente beaucoup la durée et la pénibilité des sarclages (GABOREL, 1989), réduit l'efficacité du buttage et cause des pertes de production à cause de la nuisibilité. En conditions paysannes, un traitement herbicide réduit les temps de sarclage et la période d'enherbement excessif, permettant des économies de main-d'œuvre et des gains de rendement.

Au Bénin, dans une région de même écologie, 175 tests ont été conduits en 4 ans, en collaboration avec les paysans (GABOREL et FADOEGNON, 1991).

L'impact économique du désherbage chimique en 1995

Les avantages procurés par le désherbage chimique sur le cotonnier sont estimés à une économie de main-d'œuvre de 12 jours par hectare. On considère que l'herbicide réduit les périodes de concurrence excessive de 10 jours pour le cotonnier, à raison de 15 kilogrammes de coton graine par jour. L'estimation du gain de rendement à la suite d'un traitement herbicide est de 150 kilogrammes par hectare pour le cotonnier. L'évaluation monétaire est effectuée de la façon suivante (tableau 4) :

- la journée de travail est rémunérée à 500 FCFA, ce qui représente 6 000 FCFA pour 12 jours de travail ;
- le prix du coton graine en 1995 est de 160 FCFA par kilogramme ;
- les frais liés à la récolte du coton (cueillette et mise en marché) sont de 30 FCFA par kilogramme ;
- le coût de l'herbicide correspond à un traitement extemporané pré-levée + paraquat à dose faible revenant à $5\,600 + 3\,700 = 9\,300$ FCFA par hectare.

Le bilan financier du désherbage chimique est évalué à plus de 16 000 FCFA par hectare de cotonnier. Ces avantages économiques vont de pair avec une augmentation de la production, estimée à 6 300 tonnes de coton graine pour l'ensemble de la zone cotonnière et 7 000 tonnes de grain en maïs.

Tableau 4. Estimation des gains en coton graine et en maïs en francs CFA, avec l'application de traitements herbicides.

Termes du budget	Cotonnier	Maïs
Economie sur le sarclage	+ 6 000 FCFA	+ 9 000 FCFA (18 jours)
Valeur de la production supplémentaire	+ 24 000 FCFA	+ 20 000 FCFA (50 FCFA par kg)
Coût de la récolte de la production supplémentaire	- 4 500 FCFA	- 1 500 FCFA (5 FCFA par kg)
Coût du traitement herbicide	- 9 300 FCFA	- 9 300 FCFA
Bilan	+ 16 200 FCFA	+ 18 200 FCFA

Les résultats sont les suivants :

- l'utilisation de l'herbicide entraîne un gain de rendement de 240 à 600 kilogrammes par hectare de coton graine et de 550 à 650 kilogrammes par hectare de maïs grain ;
- les temps de travaux sont diminués de 17 à 19 jours par hectare pour les deux cultures. Ces gains représentent l'équivalent du sarclage d'un hectare très enherbé ou de deux hectares peu enherbés.

L'avenir du désherbage chimique en Afrique cotonnière

L'expérience acquise au Nord-Cameroun sur l'emploi des herbicides, paraquat, atrazine et diuron, est utile à d'autres pays d'Afrique, où la lutte chimique vient en complément d'un désherbage surtout mécanique. Ainsi, les possibilités d'emploi ne sont pas toutes explorées, par exemple les interactions entre le paraquat et l'herbicide de pré-levée, au-delà de la complémentarité évoquée. Les doses des herbicides de pré-levée pourraient être réduites de 25 à 50 % pour les sols les plus pauvres à faible capacité d'échange. Elles pourraient être augmentées dans les sols argileux ou riches en matière organique, ou

en présence de mulch organique important. Sur maïs, il est possible de fractionner les applications d'atrazine en deux traitements — voire de supprimer le traitement de post-semis. Sur cotonnier, le fractionnement est plus difficile à conduire.

De nouvelles solutions sont recherchées, pour diversifier la gamme des produits disponibles et des programmes de désherbage. Les recommandations concernant le glyphosate, la pendiméthaline et le chlortoluron (herbicide de la famille des urées substituées) doivent être développées. Dans les essais en cours, le chlortoluron (à la dose de 1 000 grammes par hectare) a une efficacité équivalente à celle du diuron (à la dose de 720 grammes par hectare).

Des besoins accrus en logistique et en formation

Un éventail d'herbicides élargi et plusieurs combinaisons de désherbage supposent une organisation d'approvisionnement complexe et des besoins en formation démultipliés. Le maintien d'une organisation efficace intégrant vulgarisation et suivi, logistique et crédit demeure une condition indispensable à la promotion d'une lutte raisonnée.

La méthode de la bande témoin — deux ou trois lignes non traitées sur quelques mètres — représente un bon moyen de démonstration. Elle permet d'accroître et d'accélérer le processus de formation, notamment si elle est pratiquée par de nombreux utilisateurs voisins : appréhender la variabilité des effets des traitements, les causes de ces variations, par discussion entre voisins, voire avec le concours d'un formateur, connaître la diversité des effets des différents produits selon les conditions d'emploi.

Conclusion

Pour les agriculteurs des savanes, la constitution d'une « liste d'herbicides essentiels banalisés » serait bienvenue — comme ce qui a été préconisé par l'OMS dans le domaine de la santé et mis en œuvre dans de nombreux pays d'Afrique — à condition d'assurer la formation, le suivi, l'approvisionnement et le crédit ainsi que son recouvrement. Autant que la connaissance des adventices (LE BOURGEOIS, 1993 ; GRARD *et al.*, 1995), la connaissance précise et la plus complète possible des herbicides est un préalable à leur utilisation raisonnée.

Bibliographie

- BCPC, 1987. The pesticide manual. A world compendium. Eight edition. WORTHING C.R. et BARRIE WALKER S. (éditeurs). The British Crop Protection Council. Thornton Heath, Grande-Bretagne, 1 081 p.
- BEKOLO M., GAUDARD L., 1995. Rapport semestriel, mai à octobre 1995. SODECOTON, direction de la production agricole, Cameroun, 43 p.
- DUGUE P., DOUNIAS I., 1995. Intensification, choix techniques et stratégies paysannes en zone cotonnière du Cameroun. Le cas des systèmes de culture des zones d'installation des agriculteurs migrants. In Succès et échecs des révolutions vertes. CIRAD, 6 septembre 1995, Montpellier, France.
- FEUILLETTE B., MARNOTTE P., LE BOURGEOIS T., 1994. Fiche technique mauvaise herbe. La lutte contre *Imperata cylindrica*. Agriculture et développement 3 : 47-48.
- GABOREL C., 1989. La nuisibilité des adventices en culture cotonnière au Bénin. Relation entre le niveau d'enherbement et les temps de travaux. In Actes de la 1^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, 31 janvier-2 février 1989, Lomé, Togo. CIRAD-IRCT, Montpellier, France, tome 1, p. 385-394.
- GABOREL C., FADOEGNON, 1991. Le désherbage chimique du cotonnier et du maïs au Bénin. Acquis et proposition de la recherche. In réunion de coordination de recherche phytosanitaire cotonnière, commission régionale de défense des cultures d'Afrique de l'Ouest (CIRAD-IRCT, réseau coton CORAF, INERA), 7, 26-31 janvier 1991, Ouagadougou, Burkina, TOE A., NIBOUCHE S., PINCHARD V. (éditeurs). CIRAD-IRCT, Paris, France, p.135-151.
- GAILLARDON P., 1991. La sélectivité des traitements herbicides. In Les herbicides, mode d'action et principes d'utilisation, SCALLA R. (édit.), INRA éditions, Paris, France, p. 237-264.
- GAUVRIT C., 1995. Les adjuvants : mirifiques, illusoires, ou dangereux ? Phytoma. La défense des végétaux, 470 : 17-22.
- GRARD P., LE BOURGEOIS T., MERLIER H., 1995. Adventrop. Les adventices tropicales d'Afrique soudano-sahélienne. Flore + CDRom multimédia, CIRAD-CA, Montpellier, France.
- LE BOURGEOIS T., GERARDEAUX E., BEIX Y., 1992. Rapport d'activité 1991-1992. Section malherbologie. Institut de la recherche agronomique, Garoua, Cameroun, 16 p.

LE BOURGEOIS, 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Cameroun (Afrique). Thèse de doctorat, USTL, Montpellier II, France, 249 p.

LE BOURGEOIS T., MARNOTTE P., 1994. Fiche technique mauvaise herbe. La lutte contre *Commelina benghalensis*. Agriculture et développement 2 : 53-54.

MARNOTTE P., 1994. Fiche technique mauvaise herbe. La lutte contre *Cyperus rotundus*. Agriculture et développement 1 : 57-58.

MARNOTTE P., 1995. Utilisation des herbicides : contraintes et perspectives. Agriculture et développement 7 : 12-21.

MARTIN J., GERARDEAUX E., 1994. L'expérimentation sur le désherbage chimique du maïs en zone cotonnière au Nord-Cameroun. In Progress in food grain research and production in semi-arid Africa. SAFGRAD internetwork conference, Niamey, Niger, 3-7 mars 1991. SAFGRAD, Ouagadougou, Burkina, p. 513-522.

PAN, CTA, 1993. Pesticides et agriculture tropicale : dangers et alternatives. Pesticides action network et Centre technique de coopération agricole et rurale, C. DUMMLER (Ed.). Verlag J. MARGRAF, Scientific books, Tropical agroecology, 3. Weikersheim, Allemagne, 281 p.

SEVERIN F., TISSUT M., 1991. Principes d'utilisation des herbicides. In Les herbicides, mode d'action et principes d'utilisation, SCALLA R. (édit.), INRA éditions, Paris, France, p. 281-325.

TOURNEUX H., 1994. L'interprétation paysanne des pictogrammes phytosanitaires. Agriculture et développement 1 : 39-42.

WHO, 1994. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 1994-1995. International programme on chemical safety. United Nations Environment Programme International Labour Organization, World Health Organization. WHO/PSP/94.2, 64 p.

Résumé... Abstract... Resumen

J. MARTIN, L. GAUDARD — **Paraquat, diuron et atrazine pour renouveler le désherbage chimique au Nord-Cameroun.**

Au Nord-Cameroun, le paraquat est vulgarisé depuis 1987 et le diuron et l'atrazine depuis 1992, à la suite des recommandations de la SODECOTON et des tests réalisés par l'IRA en collaboration avec le CIRAD. Le paraquat montre une efficacité importante et rapide. Pour limiter les risques de toxicité et optimiser ce traitement, il est conseillé de fractionner les doses en applications de 200 grammes par hectare, à réaliser de préférence le soir ou par temps couvert. Les conditions d'emploi sont diversifiées (traitement de pré-labour, traitement à forte dose en cas de végétation importante d'adventices). Les recommandations doivent être suivies pour la préparation des bouillies. Le glyphosate et le glufosinate sont utilisables en traitement de pré-semis, mais leur mode d'application est plus contraignant. Dans la zone cotonnière, les conseils de désherbage comprennent aussi l'emploi du diuron à 720 grammes par hectare sur cotonnier et l'atrazine à 800 grammes par hectare sur maïs. L'atrazine est un herbicide très intéressant pour lutter contre *C. benghalensis* dans les cultures de maïs et en traitement de pré-levée des sorghos. L'effet du diuron sur *C. benghalensis* est moindre, son emploi est recommandé en culture cotonnière. En outre, le diuron et l'atrazine peuvent être associés au paraquat pour lutter contre les vivaces. Les traitements de pré-levée préconisés dans cette région cotonnière se révèlent rentables grâce aux gains de temps de travail et de production obtenus. Un appui de logistique et de formation est assuré par la SODECOTON.

Mots-clés : maïs, cotonnier, sorgho, mauvaise herbe, herbicide, diuron, atrazine, paraquat, dose, toxicité, Cameroun.

J. MARTIN, L. GAUDARD — **Paraquat, Diuron and Atrazine for the Renewal of Chemical Weed Control in North Cameroon.**

In North Cameroon, following the recommendations of SODECOTON and tests carried out by IRA in collaboration with CIRAD, paraquat has been in popular use since 1987, and diuron and atrazine since 1992. Paraquat shows rapid and highly effective activity. In order to limit the effects of toxicity and to optimise this treatment, it is recommended to divide the doses into applications of 200 grams per hectare, made preferably in the evening or under cloudy conditions. The conditions of use are varied (pre-ploughing treatment, high-dose treatment in case of high weed populations, etc.). The recommendations must be followed for the preparation of the sprays. Glyphosate and glufosinate can be used in pre-sowing treatment, but their mode of application is more restricting. In cotton-growing regions, weed control recommendations also include the use of diuron at 720 grams per hectare on cotton and atrazine at 800 grams per hectare on corn. Atrazine is a very interesting herbicide for the control of *C. benghalensis* in corn and for pre-emergence treatment in sorghum. Diuron is less effective on *C. benghalensis* but its use is recommended in cotton. In addition, diuron and atrazine are associated with paraquat for the control of perennial weeds. The pre-emergence treatments recommended in this cotton-growing region have been shown to be profitable thanks to the gains obtained in working time and production. Logistic and training support is provided by SODECOTON.

Keywords : corn, cotton, sorghum, weed, herbicide, diuron, atrazine, paraquat, dose, toxicity, Cameroon.

J. MARTIN, L. GAUDARD — **Paraquat, diurón y atrazina para renovar la escardadura química en el norte de Camerún.**

En el norte de Camerún, el paraquat está vulgarizado desde 1987 y el diurón y la atrazina desde 1992, consecutivamente a las recomendaciones de SODECOTON y a las pruebas realizadas por el IRA en colaboración con el CIRAD. El paraquat ofrece una eficacia elevada y rápida. Para limitar los riesgos de toxicidad y optimizar este tratamiento, se aconseja fraccionar las dosis en aplicaciones de 200 gramos por hectárea, realizadas preferentemente al caer la tarde o en tiempo cubierto. Las condiciones de empleo son diversificadas (tratamiento previo a la labranza, tratamiento a dosis fuerte en caso de gran vegetación de adventicias). Deben seguirse las recomendaciones para la preparación de los caldos. El glifosato y el glufosinato son utilizables en tratamiento previo a la siembra, pero su modo de aplicación es más restrictivo. En la zona aldonera, los consejos de escardadura incluyen también el empleo de diurón a 720 gramos por hectárea en el algodón y la atrazina a 800 gramos por hectárea en el maíz. La atrazina es un herbicida muy interesante para luchar contra *C. benghalensis* en los cultivos de maíz y en tratamiento previo al brote de los sorgos. El efecto de diurón en *C. benghalensis* es menor, recomendándose su empleo en cultivo aldonero. Además, el diurón y la atrazina pueden asociarse al paraquat para luchar contra las viváceas. Los tratamientos previos al brote de los sorgos en esta región aldonera resultan rentables gracias a los ahorros de tiempo de trabajo y producción obtenidos. SODECOTON aporta un apoyo de logística y formación.

Palabras clave : maíz, algodón, sorgo, maleza, herbicida, diurón, atrazina, paraquat, dosis, toxicidad, Camerún.